



# 《环境实验室安全》知识点整理

来自 Xzonn 的小站

更新于 2021-12-26 19:50 · 渲染于 2021-12-26 19:57



## 目录

<b>0 课程介绍</b>	<b>1</b>	<b>4 环境实验室生物安全</b>	<b>12</b>
<b>1 环境大楼和消防安全知识</b>	<b>1</b>	4.1 生物安全的概念	12
1.1 实验室安全隐患	1	4.2 感染源传播途径	13
1.2 消防基本知识	2	4.3 控制和预防措施	13
1.3 环境大楼及其消防系统	3	4.4 意外事故应对方法和应急程序	14
1.4 消防报警和救援	5	<b>5 环境野外科考安全</b>	<b>14</b>
<b>2 危险化学品安全辐射安全与防护</b>	<b>6</b>	5.1 野外科考安全概论	15
2.1 危险化学品安全	7	5.2 野外科考安全防护技术	15
2.2 辐射安全与防护	9	<b>6 实验室水、电、气、特种设备安全</b>	<b>17</b>
<b>3 实验室危险废物及其处置方法</b>	<b>10</b>	6.1 实验室用电安全	17
3.1 危险废物的定义、特征与分类	10	6.2 实验室用气安全	17
3.2 危险废物的包装、运输与储存	10	6.3 实验室用水安全	18
3.3 危险废物的危害及处置原则	11	6.4 实验室特种设备使用安全	18
3.4 危险废物的处置：废液	11	<b>7 实地演练</b>	<b>19</b>
3.5 危险废物的处置：废试剂及沾染物	11	7.1 气体钢瓶使用操作	19
3.6 危险废物的处置：生物废弃物和放射性废物	12	7.2 电器使用	19

## 0 课程介绍

“ 刘兆荣 ”

- 重要电话:
  - 中控室 (B114) : 62754405。
  - 院办: 62751480。
  - 保卫部: 62755110、62756110。
  - 消防队: 119。
- 实验室安全监督主任: 陆思华, 陈倩, 王婷, 左澎, 许伟光, 陈仕意, 刘兆荣。

## 1 环境大楼和消防安全知识

“ 许伟光 ”

### 1.1 实验室安全隐患

- 易发生的火险火情:

- **实验室违规操作**（酒精灯引燃、金属钠遇水燃烧等）。
- 电气短路故障（违规用电、电器设备超负荷运行、电动车电池起火等）。
- 生活不慎（抽烟、电蚊香、做饭等）。
- 违章作业（违规焊接、使用明火等）。
- 防火防爆常见问题：气瓶未固定、易燃物品与高温设备放在一起、房间杂乱、室内通风不畅、试剂存量过多、电动车充电器、实验无人看守、安全通道堵塞等。
- 防火防爆要求十不准：
  - 不准违反操作规程。
  - 不准实验时人员脱岗。
  - 不准违规私拉乱接电线。
  - 不准违规存放易燃易爆物品。
  - 不准违章使用电器。
  - 不准吸烟、违规使用明火。
  - 不准将可燃助燃气体瓶放在一起。
  - 不准在高温物体周边放可燃易燃物。
  - 不准将消防器材挪作他用。
  - 不准堵塞安全疏散通道。

## 1.2 消防基本知识

- 火灾的分类：按照可燃物类型和燃烧特性分为 **6 种类别**。
  - A：固体物质火灾（棉、麻、木材等）。
  - B：液体或可熔化的固体物质火灾（沥青、蜡烛等）。
  - C：气体火灾。
  - D：金属火灾（钛、钾、钠、镁、铝镁合金等）。
  - E：带电火灾（空调、风扇、冰箱等电器设备）。
  - F：烹饪器具内的烹饪物火灾（动植物油脂等）。
- 燃烧三要素：**可燃物**、**助燃物**、**引火源**。
- 灭火的基本方法：
  - **冷却灭火法**：降低燃烧物温度（用水喷）。
  - **隔离灭火法**：使着火物与火源隔离（将着火点附近的可燃物清除移开）。
  - **窒息灭火法**：消除助燃物（用灭火毯、沙子盖住着火的液体）。
  - **抑制灭火法**：中断燃烧反应（干粉灭火器）。
- 火灾发生的四个阶段：初起阶段（**灭火的最佳时机**）、发展阶段、猛烈阶段、衰减阶段。
- 常用灭火器种类：
  - 水基型灭火器：以清洁水为主，还可添加湿润剂、增稠剂、阻燃剂、发泡剂等。包括**清水灭火器**、**泡沫灭火器**。
  - 干粉灭火器：目前最普遍的灭火器，分为**碳酸氢钠**、**磷酸铵盐**。ABC 干粉灭火器可灭 A、B、C、E 类火灾，BC 干粉灭火器可灭 B、C、E 类火灾。环境大楼公共区域的干粉灭火器是 **BC 干粉灭火器**。

- 二氧化碳灭火器：主要依靠窒息和部分冷却作用。常用于精密仪器、电脑机房、档案室等场所，可用于 B、C、E 类火灾。
- 洁净气体灭火器：非导电的气体或汽化液体，能蒸发，不留残余物，可用于 A、B、C、E 类火灾。
- 建筑规范要求每 40 平方米配备 2 个灭火器。



图 1 从左到右：ABC 干粉灭火器、BC 干粉灭火器、二氧化碳灭火器

- 灭火器使用方法：
  - **提**：提起灭火器。
  - **拔**：拔下保险销。
  - **握**：用力压下手柄。
  - **压**：对准火源根部扫射。
  - 干粉灭火器使用前最好颠倒几次以混匀，二氧化碳灭火器使用后注意通风。

## 1.3 环境大楼及其消防系统

- 环境大楼结构：
  - 大楼入口较多，一楼常用入口有 5 处。有 2 部电梯，5 个楼梯，楼梯可到达楼层有区别。火灾时不能用电梯。2 部电梯和 3 个楼梯可以到达 B3。
  - 楼层结构：B3-2 楼每层房间排列都不同，2-5 楼房间排列相同。B2、B3 比较复杂。
  - 房间编号从西南角开始，逆时针方向连续编号。（实际上编号的是门）有的房间是门禁，需要到中控室开通。
- 2-5 层：有 2 个紧急淋洗区（221、231 旁）、11 处消防设施。
- 1 层：有 1 个紧急淋洗区（112 旁）、8 处消防设施。常开的有 5-6 个门，节假日仅 1 号门常开。
- B1 层：有 1 个紧急喷淋区（B114 旁）、11 处消防设施。
- B2 层：有 18 处消防设施。少量公共设施用房/物业用房，大部分是实验室。
- B3 层：有 16 处消防设施。可由逃生通道直达一层。
- 常见建筑消防设施：火灾自动报警系统、自动喷水灭火系统、消防栓系统、防烟排烟系统、安全疏散系统。



图 2 2-5 层

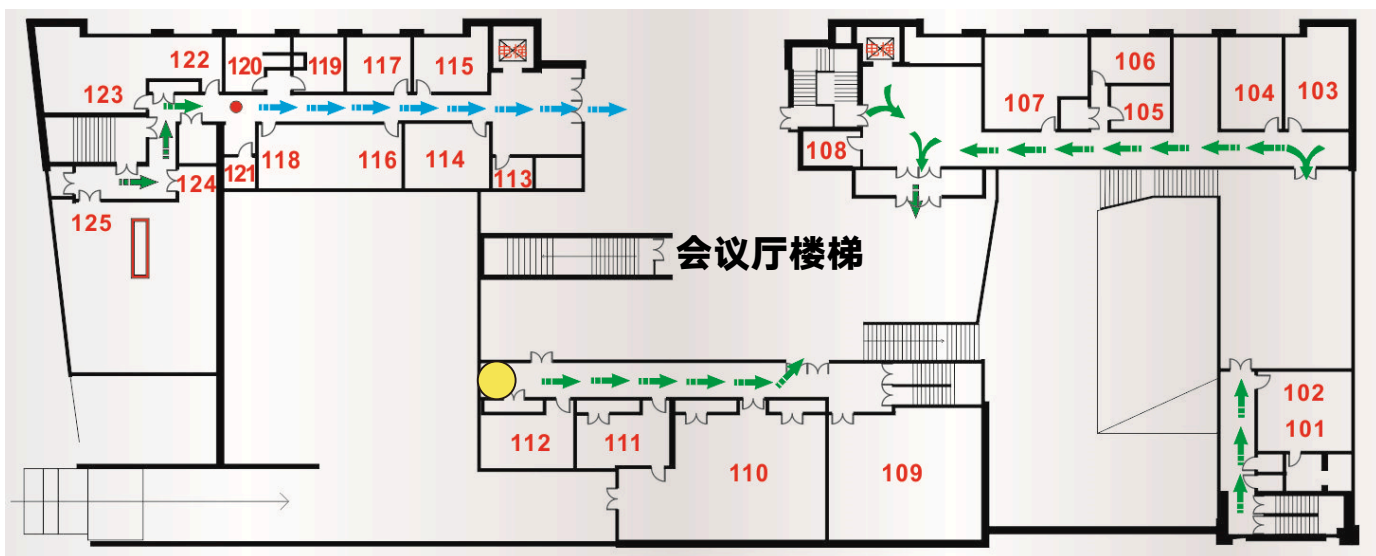


图 3 1 层

- 手动火灾报警按钮：手动启动器件发出报警信号。
- 火灾警报装置：发生火灾并被确认后由消防控制室的控制器启动并发出声光信号。
- 火灾探测器：对现场探查发现火灾。分为感烟探测器、可燃气体探测器、感温探测器等。
- 自动喷水灭火系统：分为**闭式**和**开式**两种，由洒水喷头、报警阀组、水流报警装置等组件组成。颜色区别：**橙色 57℃**、**红色 68℃**、**黄色 79℃**、**绿色 93℃**。
- 消防栓给水系统：室内消火栓，安装在消火栓箱内，和消防水带、水枪等器材配套使用。在我国使用最早、最普通，性能可靠、成本低廉，被广泛使用。
- 防烟排烟系统：**防烟系统**通过加压送风或自然通风，防止火灾烟气进入疏散通道和避难场所。**排烟系统**将延期排到建筑物外，使有烟区域保持能见度。**作用**：为安全疏散创造有利条件，为消防扑救创造条件，控制火势蔓延。

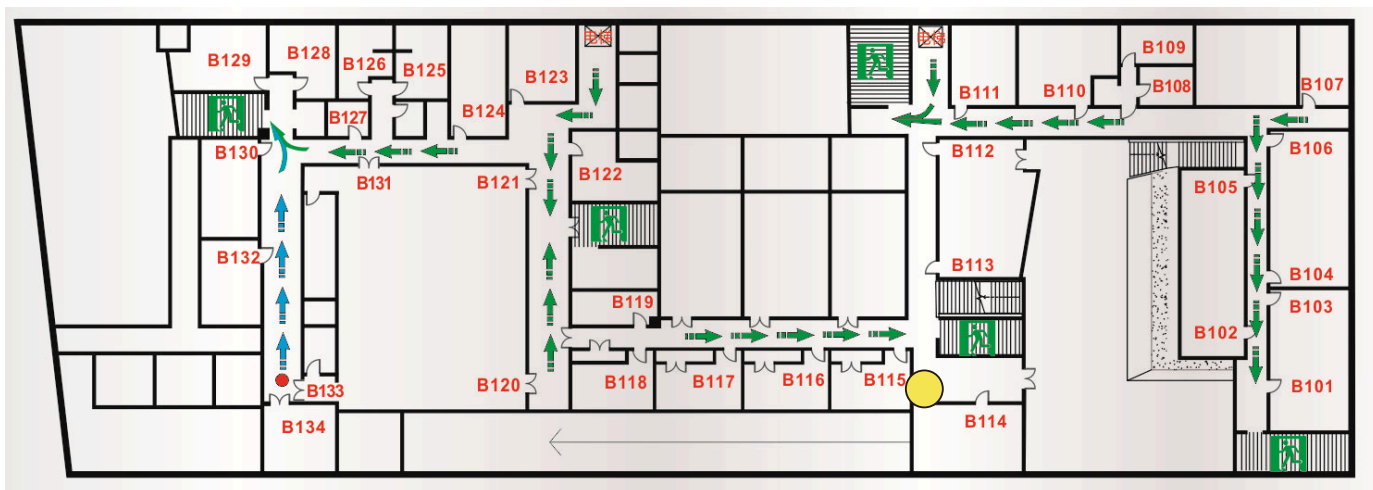


图 4 B1 层

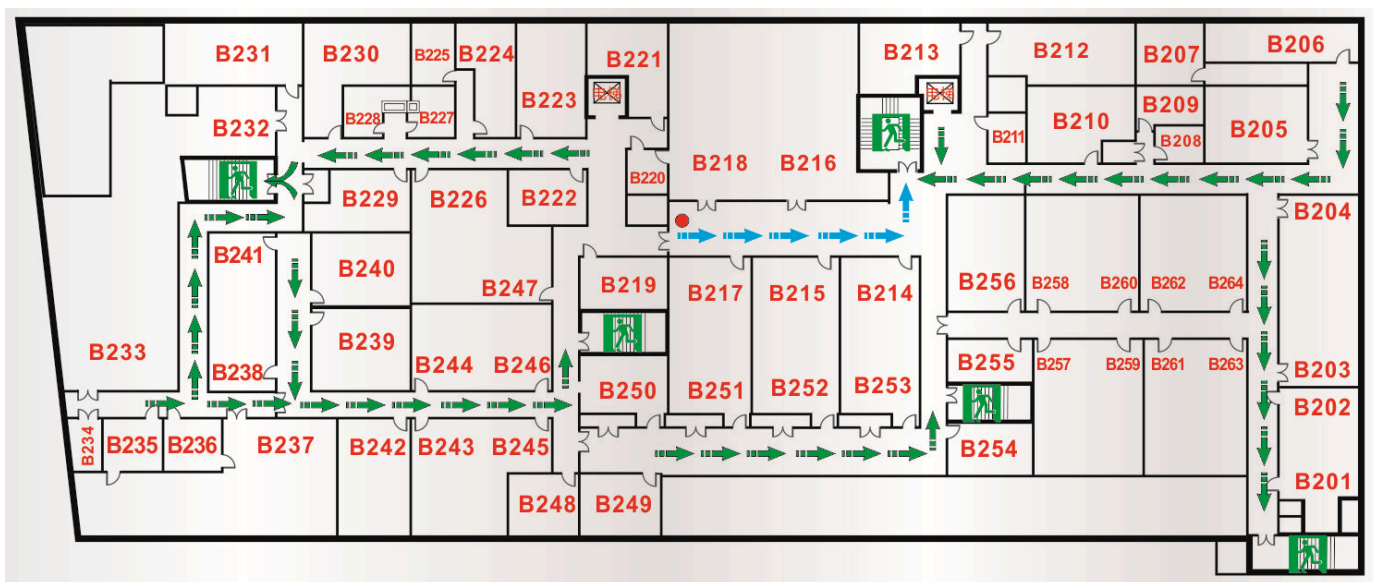


图 5 B2 层

- 安全疏散设施：安全出口和疏散门的正上方设置标志，应急灯设置在疏散通道偏上方。**新的建筑实行双路供电，不再另设应急照明灯。**
- 防火门：一定时间内连同框架能满足耐火稳定性、完整性、隔热性。包含顺序器、闭门器、释放器。分为**常开防火门**、**常闭防火门**，区别在于释放器。常开防火门在释放器作用下处于开启状态。
- 防火卷帘：一般是防火墙、防火隔墙无法设置防火门的防火分隔。
- 其他安全设施：紧急喷淋器、应急物资柜等。

## 1.4 消防报警和救援

- 发生火情后应采取的措施：
  - 移走着火点附近的可燃物。
  - 关闭室内电闸以及各种气体阀门。
  - 关闭着火房间的门窗。





图 6 B3 层

- 尽可能移走易燃易爆化学危险品和压力容器。
- 根据火灾性质选用相应的灭火器材灭火。
- 发生火灾后应采取的措施:
  - 利用防毒面具或湿毛巾、手帕、口罩折叠捂住口鼻。
  - 低姿式前行或爬行，选择疏散楼梯，不要乘坐电梯（烟气层~1.5 米）。
  - 将浸湿的棉大衣、棉被、门帘子、毛毯、麻袋等遮盖在身上，以最快的速度直接冲出火场，到达安全地点。
  - 可利用阳台、雨蓬逃生，也自制救生绳索，**切勿跳楼**。
- 校内遇到火情拨打报警电话步骤:
  - 优先控制并快速扑灭，拨打中控电话（62754405）。
  - 校内火警电话：62752119。
  - 报警时准确冒烟或火情的详细地点（路段、楼号、楼名及楼层），简要说明火情的性质（ABCDEF），大小、危险情况等。
  - 留下姓名、联系方式；挂断电话后，尽量等待学校应急分队或巡逻人员到场后再离开；鼓励报警人或现场人员先期采用简易灭火工具进行灭火。
- 消防控制室（中控室）：设有火灾自动报警设备和消防设施控制设备，用于接收、显示、处理火灾报警信号，控制相关消防设施。**现在每个消防控制室均建有微型消防站。**
- 微型消防站：接到报警电话后，一般能在 3-5 分钟内赶到火情现场，进行初起处置。

## 2 危险化学品安全辐射安全与防护

“

陆思华

”

## 2.1 危险化学品安全

- 实验室存在的安全问题：人为失误-机械隐患-环境缺陷等。
- 化学品使用常见不规范：与食品混放、杂乱、标签脱落、与杂物混放、随意放置等。
- 常见的防护用品：手套、护目镜、口罩、防毒面具、实验服等。
- 实验室防护装置：紧急喷淋器、通风柜和通风罩、安全药箱等。
- 护眼：一般应选购耐用、耐腐蚀、机械和光学性能好而又轻便的护目镜。
- 护手：佩戴防护手套，每次做完实验洗手。化学试剂沾到手上，应冲洗至少 15 分钟。手套防腐、防渗、防烫。
- 通风：防止吸入有毒气体，防止污染周围环境，保障实验者和周围人员的健康。
  - 通风罩：仪器分析中涉及挥发性毒物、刺激性物质排放时开启。
  - 通风柜：实验操作。不放置大件设备，不堆放杂物，不将头伸进通风柜，将柜门尽量放低。
- 监控：烟雾报警器和危险气体报警。
- 眼部灼伤：分秒必争，立即用大量的细水流冲洗，避免水流直射眼球。不要揉搓眼睛，以免药品侵入粘膜。
- 烧伤：在受伤现场第一时间冷却。温度在 10-15℃ 合适。
  - 一级：皮肤红痛浮肿。大量清水洗净烧伤处涂上有关的烧伤药物。
  - 二级：起水泡。无菌绷带缠好立即就医。
  - 三级：坏疽，皮肤呈棕色或黑色有时呈白色。立刻送医院治疗。
- 化学危险品：具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质，对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品。
- 化学危险品分类：
  - 化学品：联合国《全球化学品统一分类和标签制度》（GHS），分为物理危险、健康危害和环境危害三大类，共 28 个危险种类。
  - 货物：联合国《关于危险货物运输的建议书规章范本》，分为 9 大类。



图 7 危险货物包装标志

1: 爆炸品。2: 压缩气体和液化气体。3: 易燃液体。4: 易燃固体、易于自燃物质、遇水放出易燃气体的物质。5: 氧化性物质、有机过氧化物。6: 毒性物质、感染性物质。7: 放射性物质。8: 腐蚀性物质。9: 杂项危险物质和物品。

- 化学品的购买:
  - 管制类, 必须在平台购买审批。

- 非管制类：在平台购买，课题组负责人（PI）审核，无需审批。
- 特殊情况下可在系统外采购。
- 管制化学品购买审批：
  - 类别：易制毒、易制爆、特殊危险品等。
  - 制度：存量管理制度，须维护试剂平台中的试剂台账，及时记录用量和余量。未按要求台账管理则不予审批新的采购申请。剧毒品有特殊管理规定。
- 化学药品存放：
  - 分类摆放，药品标签朝外，方便查取。
  - 易制毒、易制爆特殊危险品专柜存放（通风、防爆），保持最小量，避免接触热源。
- 化学品一般使用原则和注意事项：
  - 使用前：了解化学性质和防护措施，核对标签。
  - 使用中：有毒物质实验必须在通风柜进行，必要时佩戴防护面具。取用药品不能同种工具连续取不同药品，一经取出不能倒回去。嗅觉检查不可直接用鼻子接近容器上方。
  - 使用后：妥善处理废弃物，不得放置食物、饮料、餐具，严禁在实验室进食、烹煮，不能用实验用具喝水。离开实验室要洗手。严禁将毒品、化学品带出实验室。
  - 严格登记：所有人姓名、药品名称、存放时间。药品一经放入容器必须立即贴上标签或记号。
- 化学品正确使用和安全防护：防中毒、防火、防爆。
- 防中毒：可能发生在取样、管道破裂、阀门损坏等意外事故，以及通风不良、有机溶剂萃取蒸馏过程发生意外等。
  - 中毒种类：急性、亚急性、慢性。
  - 毒物侵入途径：呼吸道、消化道、皮肤粘膜。
  - 毒害品种类：剧毒品、有毒品、有害品。
    - 无机剧毒物质：氰化物、三氧化二砷、氯化汞等。
    - 有机剧毒物质：四乙基铅、甲基汞、丙烯醛等。
    - 有毒品：氟化钠、四氯化碳、三氯甲烷等。
  - 一氧化碳：无色无臭，燃烧不完全产物。中毒时应抬到新鲜空气处给氧气，送医院处理。
  - 有毒气体防护：通风柜操作，佩戴口罩、橡皮手套、防护眼镜或防护面罩，准备一些急救药品。
  - 硫酸、硝酸、盐酸：腐蚀性递减，常见与吸入蒸气、侵入皮肤粘膜。
  - 氢氟酸：毒性大，腐蚀性大，中毒后皮肤迅速坏死形成溃疡，愈合缓慢。
  - 酸类防护：通风柜操作，操作氢氟酸戴橡皮手套，酸稀释只能酸入水，冷却后操作。溅到皮肤上先擦拭再大量清水冲洗，涂碳酸氢钠。
  - 氢氧化钠、氢氧化钾：强烈的腐蚀性。
  - 碱类防护：涂稀醋酸或 2%硼酸。
  - 汞及其盐：易挥发、密度与表面张力大、渗透性强，在体内积累。升汞毒性最大。可经呼吸道、皮肤和消化道吸收。
    - 急性中毒炭粉洗胃，或用牛奶、蛋清解毒。
    - 不能直接暴露于空气，结实的厚壁器皿，远离热源。不能倒入下水道，转移汞在装水的浅瓷盘进行，通风良好。汞洒落尽可能用吸管收集水封，用能形成汞齐的金属片多次扫过，用硫磺粉覆盖。
  - 有机化合物：甲醇、苯、丙酮。新鲜空气，必要时人工呼吸。



- 致癌物：多环芳烃、苯并芘、亚硝胺、砷、镉、铍、石棉等。
- 防火：
  - 易燃液体：闪点低于规定温度。一级易燃闪点 **28 °C** 以下（乙醚、石油醚、甲醇、乙醇等），二级易燃闪点 **29-45 °C**（煤油、丁醇、戊醇等）。
    - 闪点：可燃液体挥发出的蒸气和空气的混合物与火源接触能够闪燃（燃烧并不延续，一闪即灭）的最低温度。
    - 特点：闪点低，蒸气达到一定浓度会爆炸，常温下不断挥发，一旦泄露很快扩散。
    - 注意事项：远离热源，保持通风，不得在明火或电炉上直接加热，操作者不可长时间离开，使用专用储存器收集废液。
  - 遇湿易燃物品：不得与酸、氧化剂混放，包装严密，钠钾必须浸没在煤油中，不得摩擦、撞击、倾倒。
  - 自燃物品：如白磷。通风、阴凉、干燥处储存，远离明火与热源，防止阳光直射，单独存放，避免与氧化剂、酸、碱接触，轻拿轻放避免受潮。
  - 易燃固体：如红磷、硫化磷、三硝基甲苯、硫磺等。大多数燃烧后会产生有毒物质，扑救时应注意防毒。
  - 爆炸品：外界作用下能发生剧烈的化学反应，瞬时产生大量的气体和热量，使周围压力急骤上升，发生同时伴有声、光等效应。
    - 常见爆炸品：含不稳定的爆炸基团、可燃气体与助燃气体的混合气体、单一组分气体、氧化性物质与还原性物质相遇。
    - 高氯酸和高氯酸盐：腐蚀性、高温下氧化性、可自燃或爆炸。不得保存高浓度高氯酸，不得与浓硫酸、醋酸酐混合，不可直接用抹布，不可食用聚氯乙烯容器，不可与操作有机液体的通风柜共用，剩余高氯酸要大量水冲洗。

## 2.2 辐射安全与防护

- 辐射：从某种物质中发射出来的波或粒子，它通过物质时会进行能量传递和交换，与物质发生相互作用。
  - 电离辐射：能量高、能使物质发生电离作用的辐射。分为粒子辐射（ $\alpha$  粒子、 $\beta$  粒子、中子等）、波的辐射（ $\gamma$  射线、X 射线等）。
  - 非电离辐射：能量低、无法使质发生电离作用的辐射。如太阳光、灯光、红外线、微波、无线电波等。
- 放射性：不稳定的原子核能够自发的放出射线，称不稳定核素。包括天然放射性核素、人工放射性核素。
- 接触机会：天然辐射、人工辐射。
- 常用辐射量和单位：
  - 放射性活度：放射性核素在单位时间内发生核衰变的数目，即衰变率。单位为贝克勒尔（Bq）。
  - 吸收剂量：被照射介质吸收的辐射能量的多少。单位为戈瑞（Gy）。
- 辐射源分类：
  - 放射源：不需要给予外界条件，随时有射线发射。分为五类。
  - 射线装置：必须给予外界条件才能产生射线。分为三类。
- 电离辐射的作用方式：
  - 外照射：辐射源位于人体之外，远离后停止辐射作用。
  - 内照射：放射性核素进入人体，只有放射性核素排出体外或经过 10 个半衰期才停止。
  - 体表沾染：放射性核素沾染于人体皮肤或粘膜。
  - 复合照射：一种以上作用方式作用于人体。

- 电离辐射对人体的作用：对细胞杀伤、诱变。
- 电离辐射的损伤效应：剂量-效应分类。分为确定性效应（有阈值）、随机性效应（无阈值）。
- 辐射防护的目的：防止照射所造成的有害的确定性效应，限制随机性效应的发生概率。
- 辐射防护的三原则：辐射实践的正当性、辐射防护与安全的最优化、剂量限制和剂量约束。
- 放射防护措施与方法：工作人员内照射防护，公众远离放射性标识地区，不捡拾不明物质。

## 3 实验室危险废物及其处置方法

“

王婷

”

### 3.1 危险废物的定义、特征与分类

- 危险废物：
  - 定义：列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。
  - 认定标准：具有毒性、腐蚀性、易燃性、反应性、感染性，或者可能对生态环境、人体健康产生有害影响。



图 8 危险废物标志

- 危险废物名录：我国危险废物产生量大、种类多、来源广泛，环境监管难度大。
  - 分类：工业废物、医疗（药）废物、其他废物。
- 对不明确是否具有危险特性的固体废物，应当按照国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法予以认定。
- 危险废物的分类：名录将危险废物分为 **47 类**。
- 教学科研实验室常见的危险废物：危险废物及失效、变质、不合格、淘汰、伪劣药物和药品（含废弃化学品、沾染化学品的报废实验工器具）。
- 一般性垃圾（不属于危险废物）：废纸、塑料、玻璃、金属、布料。

### 3.2 危险废物的包装、运输与储存

- 包装分级：I 类、II 类、III 类。包装性能试验：堆码试验、跌落实验、气密实验、液压实验。
- 包装要求：足够的强度，适当的容积和重量，不可泄漏，安全附件齐全可靠。
- 危险废物的运输：企业、人员、车辆均需有资质，车辆达到安全技术要求，装卸措施到位、保证安全。
- 运输安全技术：
  - 四防：防火花、防雨淋、防日晒、防静电。

- 五定：定车、定人、定任务、定时间、定清洗消毒。
- 危险废物的储存：分开、分离、分库存放，耐火、防爆、防晒、防潮、通风，远离人员密集区，配备消防器材、防护用具，消防通道畅通，摆放整齐、编号清晰，持证上岗。
- 呼吸器的种类：空气过滤式、供气式。
- 危废事故应急救援的基本任务：控制污染源，抢救受害人员，指导群众防护车里，做好现场清消。

### 3.3 危险废物的危害及处置原则

- 对人体有害：通过摄入、吸入、皮肤吸收、眼接触而引起毒害，或引起燃烧、爆炸等危险性事件。长期危害包括中毒、致癌、致畸、致变等。
- 处置原则：减量化、资源化、无害化。无害化是固体废物环境管理的总纲。
- 高校实验室危险废物的处置：不将无毒无害的化学废物当作危险化学废物处理，尽可能对某些有毒有害废液进行无害化处理。不可购置过量的化学试剂造成浪费，完善登记制度。

### 3.4 危险废物的处置：废液

- 废液的特点：单一种类数量少、变化大，分散、件数多，有多重危害性，具有隐蔽性。
- 分类方法：剧毒废液、有机废液、无机废液。
- 大量废弃物混合前做废液相容性实验，产热、起火、产生有毒气体、易燃气体、发生爆炸、剧烈反应以及不确定是否有危害性的不能混合。
- 源头化管理：实验者做完实验后对废液分类收集。
- 废液处置：使用**统一的废液回收桶**，不得使用矿泉水瓶等塑料瓶。
- 颜色区分：
  - 黄色：含卤有机废液桶。
  - 蓝色：一般有机废液桶。
  - 白色：一般无机废液桶。
- 容器标识：容器标示所使用之标签应**贴于贮存容器之桶身上**，包括：废液名称、废液特性标志、产生单位、储存时间、储存数量等。
- 收集桶**只收集废液**，不能把固体废物、玻璃容器放入桶内。各类废液需**分别倒入对应的容器内**。
- 包装注意事项：容器盛装废液量为**容器的 4/5** 较为适宜。

### 3.5 危险废物的处置：废试剂及沾染物

- 废弃化学试剂的处置：化学试剂种类繁多、性质各异，一般具有毒性以及危险特性。需要在**原瓶内存放**，标签完好且字体清晰可见。
- 分类：有机液体试剂、有机固体试剂、无机固体试剂、无机液体试剂、强酸试剂、强碱试剂、氧化性试剂、还原性试剂、活泼金属、剧毒试剂。
- 例：新买的乙醇是化学试剂，过期的乙醇是废试剂，倒到烧杯里的乙醇是有机废液。
- 沾染物的处置：放入沾染物箱，箱内有透明内袋，装满后取出并封口。试剂尽量用完，确保瓶内无残留。
- 利器：金属针头、刀片等，存放于利器盒中。
- 碎玻璃：存放于收集箱中。

3.6 危险废物的处置：生物废弃物和放射性废物

- 生物废弃物的分类：
  - 感染性废物：携带病原微生物具有引发感染性疾病传播危险的医疗废物。包括病原体的培养基、标本和菌种、毒种保存液。
  - 病理性废物：诊疗过程中产生的人体废弃物和医学实验动物尸体等。
  - 损伤性废物：能够刺伤或者割伤人体的废弃的医用锐器。
  - 药物性废物：过期、淘汰、变质或者被污染的废弃的药品。
- 生物废弃物的储存和处理：
  - 感染性废物：先高温高压灭菌处理，然后采用一次性塑料袋或纸箱密封收集保存。
  - 病理性废物：焚烧处理。
  - 损伤性废物：装入利器盒。
  - 药物性废物：按照感染性废物处理。
- 放射性废弃物：放置于有放射性标识的容器内，并置于密封的有机玻璃箱内。
- 危险废物需分开存放于适当的容器，切勿将易燃液体倒入洗涤槽或洗手间。不要将玻璃碎片、医疗废物放在沾染物箱。放射性废料必须放回指定的容器。

4 环境实验室生物安全

“ 陈倩 ”

4.1 生物安全的概念

- 《中华人民共和国生物安全法》：2021 年 4 月 15 日实行，生物安全是国家安全的重要组成部分。
- 四级生物安全实验室：
  - BSC：生物安全柜，GMT：微生物学操作技术规范。

表 1 与微生物危险度等级相对应的生物安全水平、操作和设备

危险度等级	生物安全水平	实验室类型	实验室操作	安全设施
1 级	基础实验室	基础的教学、研究	GMT	不需要，开放实验台
2 级	基础实验室	初级卫生服务，诊断、研究	GMT 加防护服、生物危害标志	开放实验台，此外需要 BSC 用于防护可能生成的气溶胶
3 级	防护实验室	特殊的诊断、研究	在二级水平上增加特殊防护服、进入制度、定向气流	BSC 和/或其他所有实验室工作所需要的基本设备
4 级	最高防护实验室	危险病原体研究	在三级水平上增加气锁入口、出口淋浴、污染物品的特殊处理	III 级 BSC 或 II 级 BSC 并穿着正压服、双开门高压灭菌器（穿过墙体）、经过滤的空气

- I 级实验室 (BSL-1)：适用于对健康成年人已知无致病作用的微生物，如**用于教学的普通微生物实验室**。环境大楼的实验室均为 I 级。不需要特殊屏障，除需要洗手池外，依靠标准的微生物操作即可获得基本的防护。
- II 级实验室 (BSL-2)：适用于**对人或环境具有中等潜在危害的微生物**。应配备高压蒸汽灭菌器，设洗眼设施，必要时应有应急喷淋装置。
- III 级实验室 (BSL-3)：适用于通过呼吸途径使人感染的、甚至是致死疾病的致病微生物及其毒素，**通常已有预防传染的疫苗**。自成隔离区，设置缓冲间，设置传递窗，不应有可开的窗户，实验记录等资料通过计算机发送至实验室外，设置淋浴装置。
- IV 级实验室 (BSL-4)：对人体具有高度危险性，通过气溶胶传播或传播途径不明，**目前尚无有效的疫苗或治疗方法的致病微生物及其毒素**。是全球生物安全最高级别的实验室。
- 环境相关实验：I 级实验室。核酸检测；II 级实验室。疫苗研发；IV 级实验室。

## 4.2 感染源传播途径

- 导致感染最多的实验室事故：溢出和泼洒，针头和注射器，锐器、碎玻璃，动物或动物体外寄生虫的咬伤或抓伤。
- 20%明确原因的感染：亲切握手、热烈交谈、粗心与意外、无知。
- 80%不明原因的感染：大多数可能是病原微生物形成的感染性气溶胶在空气扩散。
- 生物安全危害的感染途径：离心机、超声、振荡培养、水浴等。

## 4.3 控制和预防措施

- 实验室空气传播与感染的三个过程：产生、扩散、暴露和吸入。
- 控制措施：
  - 人：掌握规范操作技术。
  - 物：实验室设施是否合格。
  - 事：应急处理处置方法。
- 超净台：对自身没有保护作用。正压柜，没有循环气流，保护样品不受污染，适用于普通实验室或 I 级生物水平中对人员和环境无保护要求的实验。
- 生物安全柜：颗粒经 HEPA（高效空气过滤器）过滤去除，气流为层流，有方向。
  - I 级生物安全柜：保护操作人员和环境，可开启前窗在负压下操作。未灭菌的房间空气通过生物安全柜正面的开口处直接吹到工作台面上，对操作对象不能提供切实可靠的保护。
  - II 级生物安全柜：只让经 HEPA 过滤的（无菌的）空气流过工作台面，保护操作人员和实验室环境，保护产品样本。
  - III 级生物安全柜：全封闭、气密结构，通过橡胶手套进行操作，供气通过 HEPA 抽入，外排的气流经过双层 HEPA 过滤或经 HEPA 后燃烧处理。
- 生物安全操作技术规范：
  - 超净台使用酒精灯，需要配备防火毯，不可直接用燃着的酒精灯点燃另一个酒精灯或用嘴吹灭。
  - 实验前：防护服、面部及身体保护、手套、鞋、呼吸防护。
  - 手套：生物安全柜中操作感染性物质需要佩戴两副，若外层手套被污染则立即用消毒剂喷洒手套脱下后丢弃在高压灭菌袋中。一次性手套不可再次利用，用后立即高压灭菌消毒丢弃，不得带着手套离开实验室区



域。

- 移液器：
  - 感染性物质不能使用移液管反复吹吸混合。
  - 刻度对应移液管不需要吹出最后一滴气体。
  - 盛放废弃移液管的容器不能放在外面，应当放在生物安全柜内。
  - 为避免感染物扩散，应在工作台面放一块有消毒液的布，用后按感染性废弃物处理。
- 生物安全柜：垂直缓慢进出前面的开口，不能阻挡进气格栅，物品尽可能靠近后缘，较大的物品放在某一侧。
- 离心机：
  - 离心的试管和标本容器应当始终牢固盖紧。
  - 离心器的装载、平衡、密封和打开必须在安全柜内进行。
  - 每次使用后要清除离心桶、转子和离心机腔的污染。
- 搅拌器：不能使用家用匀浆器，用后消毒，操作结束后在安全柜内打开容器。
- 消毒和灭菌的方法：
  - 化学法：含氯消毒剂等。
  - 热力法：灭菌器的排水过滤器应每天拆下清洗。
  - 消除局部环境的污染：表面污染使用次氯酸钠溶液，环境污染可使用过氧化氢溶液作为代用品，房间和仪器污染用加热多聚甲醛或煮沸福尔马林产生甲醛蒸气。
  - 洗手：处理完生物危害性材料和动物后以及离开实验室前均必须洗手。建议使用杀菌肥皂。推荐使用脚控或肘控的水龙头。用酒精擦手来清除双手的轻度污染。

## 4.4 意外事故应对方法和应急程序

- 感染级别：
  - 一般感染：没有造成严重后果，向所在单位领导及上级主管部门报告。
  - 严重感染：高致病性病原微生物相关感染，向省内省级卫生行政部门报告。
  - 重大感染：高致病性病原微生物且可能造成死亡和病例扩散，报告省级并报告卫生部。
- 皮肤感染：脱下防护服，用抗菌皂液和温水冲洗感染部位 15 分钟，必要时医学处理，记录受伤原因和相关微生物。
- 气溶胶暴露：屏住呼吸迅速离开房间，脱去防护用品并使暴露面朝里，用皂液和水洗手，通知负责人和生物安全官员，使粒子沉降并一定时间内禁止人员进入。再次进入前使其弥散至少 30 分钟，穿上防护衣，可戴 HEPA 过滤防护罩，用 10% 家用漂液喷雾这个区域。
- 易破碎及感染性物质溢出：用布或纸巾覆盖，倒上消毒剂，作用一段时间，用镊子将布或纸巾清理，然后将它们高压灭菌或放在消毒液内浸泡。
- 离心管破裂：让机器密闭 30 分钟使其沉积，用厚橡胶手套处理，将物品放在具有杀灭活性的消毒剂内，离心机内腔多次擦拭。

## 5 环境野外科考安全

“

陈仕意

”

## 5.1 野外科考安全概论

- 相比于实验室研究，野外科考具有开放性强、时空转移快、不可控因素多等特点。
- 安全风险：装备安全、交通安全、自然灾害、用水用电、常见动物伤害、常见植物伤害、突发伤病、食品安全。
- 安全装备：
  - 衣帽鞋袜：宽松舒适耐磨，选择排汗内衣、袜子，避免短打扮、紧身裤子、拖鞋。
  - 工作用具：遮阳帽、安全帽、防晒霜、太阳镜、手套、口罩。
  - 应急用具：充电宝、急救药包、刀具、应急灯具、绳子、铁锹。
  - 个人健康用具：水杯、毛巾、小食品、个人药品。

## 5.2 野外科考安全防护技术

- 安全防卫体系：野外科考安全计划、安全防护用具、防护技术培训与实习、野外科考安全日报、安全检查与总结。
  - 安全计划：评估危害，制定计划，购买保险，购买设备，铁屑文件，选择交通工具，与前辈沟通。
  - 安全纪律：在实验室对自己行为负责，提前于都仪器操作手册和安全信息，不允许进食喝水，禁止在未被允许的情况下操作仪器，禁止在未被许可的情况下开展调查和实验，禁止将化学品和设备从外场实验室移除。
  - 安全防护：护目镜、手套、实验服，不得穿凉鞋或露趾鞋，了解安全设备的位置，不得随意丢弃实验用品。
- 安全防卫技术：安全用电、自然避险、生物防护、应急求助。
- 安全用电：
  - 触电对人体的伤害包括电击、电伤。
  - 电伤害人体的影响因素：电流大小、时间长短、通过部位、电流频率、身体状况。绝对安全只有 36 V 以下甚至 24 V 以下。
  - 人能忍受并能摆脱的最大电流平均值为 10 mA。电流越强，触电死亡越快。水中为 5 mA。
  - 事故多发的场景：非断电或未做好绝缘操作电器，与火线接触，金属外壳未接地等。配电箱或电气控制箱周围 1.5 米范围内不可堆放易燃易爆物品，不可用手直接拿取电子元器件。
  - 触电类型：直接接触、间接触电。
    - 单相触电：人体接触带电装置的一相（火线）。操作时穿胶鞋或站在干燥的木凳上。
    - 双相触电：人体两处同时触及同一电源的两相带电体。火线零线 220 V，两相火线 380 V。
    - 跨步触电：人体两脚接触两点所受的电压不同。高压线的接地点、短路点附近存在分布电位，10 米外危险减小。
    - 单相三极插座左零线、右火线、上地线（或保护零线），三相四极插座左 A 相（黄）、右 B 相（绿）、下 C 相（红）、上地线（或保护零线，黄绿条纹）。中性线蓝。
    - 雷击：包括直接雷击、接触雷击、旁侧闪络、跨步电压等。避免户外停留，离开突出物，穿胶底鞋，关闭门窗。
    - 静电：电压高，单静电能量小，有电击感但不致命，但人体可能因电击坠落造成二次伤害。人体防静电腕带、防静电地面、防静电鞋袜，设备电子元件静电隔离，环境将易燃易爆物远离静电积聚的场所。

- 洪水或山洪：关注天气预报，做好防水防洪准备工作，特别是电源防水。
- 山体崩塌：暴雨后远离峻峭山坡。
- 台风：收起采样头，关闭采样器，关闭非必要门窗，加钉木板。
- 地震：地震发生的最初 10-15 秒是上下的纵波，相对安全。发生地震时找到可以构成三角区的空间躲避。
  - 天变雨要到，水变地要闹。
- 动物防护：
  - 防毒蛇：穿长衣长裤，靴子，厚帆布绑腿，戴草帽，打草惊蛇，不私闯草丛和杂树林。
  - 蛇咬伤救治：结扎、近心端捆绑，清洗，排毒，湿敷。
  - 防毒虫：蝎子、蜘蛛、蜈蚣毒呈酸性，黄蜂毒呈碱性，水蛭无毒吸血。
    - 蝎子、蜘蛛等咬伤要先用针刺透伤处，挤出毒汁和毒水，用碱水清洗伤口。
    - 剧毒蜘蛛需用止血带，服用蛇药片。
    - 水蛭可用大蒜汁防范，用酒精驱离。
  - 狗咬伤：狂犬病又叫恐水症，病死率最高，少数病人出现精神失常、怪声尖叫、冲撞咬人等反常行为。狂犬病无特效药，重在预防。一旦被咬，打完疫苗，听天由命。
- 植物防护：避免走入生长茂密的丛林，留意针刺，戴上口罩手套，避免用手接触漆树，不可随意采摘野菇野果。
- 应急救护：
  - 创伤救助：止血、包扎、固定、搬运。
  - 包扎基本原则：快、准、轻、牢。
- 触电急救：切断电源，将伤者移到安全的地方，检查伤者的呼吸及心跳。若心跳停止，应立刻实施人工呼吸及心肺复苏抢救。
- 电火灾处理：二氧化碳灭火器等，未确认电源切断时不可用水或普通灭火器灭火。
- 口对口人工呼吸：病人仰卧平地上，鼻孔朝天颈后仰。首先清理口鼻腔，然后松扣解衣裳。捏鼻吹气要适量，排气应让口鼻畅。吹二秒来停三秒，五秒一次最恰当。
- 胸外挤压法：病人仰卧硬地上，松开领扣解衣裳。当胸放掌不鲁莽，中指应该对凹膛。掌根用力向下按，压下一寸（3 cm）至寸半。压力轻重要适当，过分用力会压伤。慢慢压下突然放，一秒一次最恰当。
- 中暑：体在高温或热辐射的长时间作用下，机体体温调节出现障碍。移、敷、服、救。
- 溺水：下水救人量力而行，或者想其他办法。
- 烧伤烫伤处理：不严重时凉水冲洗或伤处泡在水中，起水泡不要使水泡破裂。
- 眼睛异物：不能用手揉搓，让异物随眼泪流出。
- 小飞虫入耳：向耳内滴入液体，限制其活动，然后到医院取出。
- 生存技能：寻找方位、快速返回、发出求救。
  - 寻找方位：太阳、指南针、树木稠密。
  - 迷途知返：水能送人到家。先等在原地，等待救援。尽可能重新定向寻找道路。登高望远判断方向。
  - 发出求救：手电筒、大声叫、三堆火。
- 野外环保：LNT，Leave No Trace，不留痕迹。
  - 基本准则：提前计划和准备，在可耐受地面行进和露营，妥善处理垃圾，保持自然原貌，注意野外用火，尊重野生动物，为其他人着想。

## 6 实验室水、电、气、特种设备安全

“

左澎

”

### 6.1 实验室用电安全

- 电源:
  - 配电箱: 入户 380 V 三相交流电→单相交流电 220 V, 50 Hz。
  - 电表: 1 度电 = 1 kWh。
  - 断路器: 空气开关避免过载, 漏电保护开关防止人员触电。
  - 各国供电标准:
    - 低压 (110-130 V): 美国、日本。
    - 高压 (220-240 V): 中国、欧洲。
    - 同功率条件下低压比高压电流大, 损耗大。美国、日本进口的仪器要注意供电问题。
  - 电压分类:
    - 高压: 对地电压在 250 V 以上。
    - 低压: 对地电压在 250 V 以下。交流系统中的 220-110 V 及三相四线制 380/220 V 及 220/110 V 中性电接地系统均为低压。
  - 安全电压: 为防止触电事故而采用, 常用安全电压是 36 V、12 V。
  - 电压测量: 万用表、测电笔。
- 电线:
  - 颜色: 火线为红色, 零线为黑色、白色、蓝色, 地线为黄绿条纹。
  - 材质: 铝芯、铜芯。
  - 规格: 单股 (干线)、多股 (电器供电)、双绞线 (降低信号干扰)、屏蔽线 (减少外电磁场干扰)。
  - 线径: 满足载流量的要求。美国线规 AWG, 数值越大导线的芯径越小。
- 插头、插座: 地线 E, 零线 N, 火线 L。连接电路时开关要串联在火线上。
  - 功耗计算和测量: 电流和电压有效值的乘积为视在功率。
  - 保险丝: 低熔点导电材料, 短路时熔断。
- 电气火灾及其预防:
  - 接触不良、过载短路、电路连接处松动、设计错误。
  - 保证用电设备良好散热环境, 不要乱拉电线, 意外停电时关闭电源开关。
- 触电:
  - 各种电器设备绝缘不完善, 人员不熟悉电器设备的性能及使用方法, 已损坏的电器设备不及时修理。
  - 不要用潮湿的手或湿布接触电器, 修理安装时先切断电源, 不能用试电笔测量高压电。

### 6.2 实验室用气安全

- 高压气瓶:
  - 环境温度-40-60 °C, 常用容积 8 L、40 L, 常用压力 10 MPa、15 MPa, 使用年限 30 年。
  - 可燃性气体 (氢气、乙炔) 气门螺丝为左旋 (逆时针、反扣), 不燃性或助燃性气体 (氮气、氧气) 为右

旋（顺时针、正扣）。

- 不要让油或易燃有机物沾染气瓶上，特别是气瓶出口和压力表上。
- 气瓶在使用过程中，发现有严重腐蚀、损伤或对其安全性有怀疑时，应提前进行检验。
- 气瓶存放：固定，阴凉通风，远离火源热源，易燃、助燃、有毒气体需放置于专门的房间。

表 2 常用的气瓶颜色标志

气瓶	瓶体颜色	字样	字色
氧气	天蓝	氧	黑
氢气	深绿	氢	红
氮气	黑	氮	黄（白）
空气	黑	空气	白
甲烷	棕	甲烷	白
氨气	黄	液氨	黑
氯气	草绿	液氯	白
二氧化碳	铝白	液化二氧化碳	黑

- 减压阀的使用：降压、稳压。
  - 使用步骤：确认减压阀阀门关闭，开启气瓶总阀，确认气体压力，缓慢旋转分压阀，检查气密性，适当调节分压阀到工作压力。实验结束后先关总阀，再关分压阀。
  - 压力换算：1 atm ≈ 0.1 MPa = 14.7 PSI。
- 气瓶检漏：
  - 一般气瓶：开启总阀、分压阀，关闭总阀，观察分压阀压力变化。
  - 非助燃气气瓶：瓶口接缝处涂肥皂水，有气泡则漏气。氧气不可用。
  - 出气嘴接软管，不开阀门，另一端接气球，膨胀则漏气。
- 危险气体：
  - 氧气：不得沾染油脂，若有油脂用四氯化碳擦净。开关阀门要慢。十米内不得有明火。
  - 氢气：氢气泄漏检测装置，防漏气，不得有 250 °C 以上的热源，出口附近不得有金属网。
- 事故处理：做好预案，发生火灾时先冷却，尽量让气体在受控下燃烧。首先确保自身安全。

6.3 实验室用水安全

- 杜绝跑冒滴漏。水源要远离电源。

6.4 实验室特种设备使用安全

- 加热装置：
  - 烘箱、马弗炉周围不得放置可燃物、腐蚀、挥发性物质、气瓶等。
  - 使用前确认待烘干物品是否符合烘干要求。易燃液体、易燃易爆物不可烘干，塑料制品不宜烘干，活性炭、硅胶注意温度。
- 液氮、液氧、干冰：避免液氮大量洒到贴身衣物上。穿戴防护装备，注意通风。
- 光源：
  - 避免直接接触眼睛和皮肤，晶状体提高了光线的能量密度。不同波段的光引起的眼损伤不同，蓝光会引起



视网膜化学损伤。蓝光照射会引起视网膜光化学损伤。

- 不同波段的光辐射对皮肤的穿透力不同。
- 操作激光时，不要用手掌遮断光束检查光路，只用专用的卡片。不得佩戴手表、首饰等反光饰品。佩戴护目镜。激光束不得与工作人员站立或坐立时的视线高度齐平。

## 7 实地演练

### 7.1 气体钢瓶使用操作

- 气表规格：大钢瓶：G 5/8，小钢瓶：W 21.8。
- 气表方向：普通瓶右拧（顺时针）上紧，氢气瓶左拧（逆时针）上紧。
- 气表的选用：
  - 毒害性气表用铜表，比较软，密封性更强。
  - 腐蚀性气体表用不锈钢表，耐腐蚀。
  - 普通气体用普通表即可。
  - 助燃气体或可燃气体用无油表，防止气体快速摩擦生电或生热导致燃烧。使用前需要用高压气体将管路内的灰尘吹出。
- 气表的换法：

### 7.2 电器使用

- 三相电表：每两相电压 220 V。
- 进口仪器使用：
  - 美标变压器 110 V，插到中国 220 V 电路可能烧化，需注意电压适配性。
  - 德标插座需要转换插头。
- 地线插头最长，起保护作用。左零线，右火线，防止接反。
- 电器功率和插座是否匹配，考虑负载平衡，防止超载。

